

**KAJIAN PENANGGULANGAN AIR ASAM TAMBANG PADA SALAH SATU
PERUSAHAAN PEMEGANG IJIN USAHA PERTAMBANGAN DI DESA LEMO,
KABUPATEN BARITO UTARA, KALIMANTAN TENGAH**

**Study Of Acid Mine Countermeasures In One Of Coal Mining Permit At Lemo Village,
North Barito Regency, Central Borneo Province**

Susan Nadya Irawan¹⁾, Idiannor Mahyudin²⁾, Fakhrrur Razie³⁾, Susilawati⁴⁾

- 1) Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan
Program Pascasarjana Universitas Lambung Mangkurat
- 2) Fakultas Perikanan Universitas Lambung Mangkurat
- 3) Fakultas Pertanian Universitas Lambung Mangkurat
- 4) Fakultas Kehutanan Universitas Lambung Mangkurat

Abstract

This study aims to know the factors that cause the formation of Acid Mine Water, to analyze the methods of prevention of acid mine drainage has been running effectively, to analyze how to prevent the formation of acid mine water at the research area. This research was conducted at Lemovillage, North Barito Regency. These results indicate the analysis of water quality in the company with an indication acidic low pH values and high metal values. It is supported by soil pH test results showed low pH, especially on the layer in direct contact or close to coal. Sources of acid mine drainage at the company are from the oxidation of water and oxygen on the wall of rock at pit, water from the dumping area, water flowing from the temporary stockpile into the settling pond 2. From these, we can conclude the results. Recommendations prevention of acid mine drainage can be done by moving the location of the temporary stockpile in accordance with, more effective functioning of sump, controlling the movement of acidic water that has formed, accommodate and neutralize the acidic water that has formed, forming a layer of dry cover, separating the flow of water is not acidic and acidic.

Keywords: acid soil, acid sulfide, settling pond

PENDAHULUAN

Pengendalian terhadap air asam tambang merupakan hal yang perlu dilakukan selama kegiatan penambangan berlangsung dan setelah kegiatan penambangan berakhir, karena Air Asam Tambang (AAT) dapat mengakibatkan menurunnya kualitas air, air permukaan dan air tanah, selain itu jika dialirkan ke sungai akan berdampak terhadap masyarakat yang tinggal disepanjang aliran sungai serta akan mengganggu biota yang hidup di darat juga biota di perairan. Air Asam Tambang (AAT) dapat menurunkan pH air dari perairan umum sehingga akan mematikan

biota perairan. Perairan umum dalam kondisi asam akan bersifat korosif, banyaknya logam-logam berat yang berasal batuan sekitar sehingga makhluk hidup yang ada bisa tidak berkembang karena defisiensi oksigen diperairan umum. Oleh karena itu perairan umum harus diselamatkan dari dampak pencemaran khususnya akibat dampak operasi penambangan yang dapat memunculkan air asam tambang (Suryandaru, 2006).

Berdasarkan uraian di atas maka dilakukan kajian terhadap efektifitas penanggulangan air asam tambang pada salah satu perusahaan pemegang ijin usaha pertambangan batubara di Desa Lemo,

Kabupaten Barito Utara, Kalimantan Tengah, sebagai upaya untuk menganalisis permasalahan-permasalahan dalam penanggulangan air asam tambang yang telah dilakukan perusahaan dan mencari solusi perbaikannya ke depan, hal ini didasarkan pada hasil inspeksi petugas Dinas Pertambangan Kabupaten Barito Utara yang mendapatkan hasil temuan berupa indikasi Air Asam Tambang yaitu penampakan *yellow boy* di lokasi tambang yang merupakan hasil dari reaksi oksidasi mineral *pyrit* yang dikenal sebagai reaksi umum yang menghasilkan Air Asam Tambang (Gautama, 2014).

Oleh karena itu perlu melakukan penelitian sumber pembentukan Air Asam Tambang tersebut, sehingga dapat diketahui upaya pengelolaan Air Asam tambang oleh pelaku usaha tambang apakah sudah efisien dan yang paling penting mengupayakan pencegahan pembentukannya.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan pada salah satu pemegang Ijin Usaha Pertambangan

batubara di Desa Lemo, Kabupaten Barito Utara, Kalimantan Tengah. Pelaksanaan penelitian dan pengamatan sampel tanah dilakukan di area PIT1 yaitu di batuan penutup, batubara, dan tailing, sampel juga diambil di in pit dump dan disposal. Sedangkan untuk sampel air diambil dari aktifitas tambang sebelum dilakukan treatment, settling pond atau titik penataan, dan titik pantau. Penelitian dilaksanakan mulai bulan Februari 2015 sampai Juli 2015

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Air

Kualitas air pada lokasi penelitian pada Tabel 4.10 dapat dilihat bahwa hanya pada *settling pond 1* pH hampir normal, hal ini karena pengaruh *treatment* yang dilakukan namun kandungan parameter yang lainnya menunjukkan perairan yang sudah tercemar, begitu juga dengan lokasi pengambilan sampel di lokasi yang lain menunjukkan indikasi pembentukan air asam tambang.

Tabel 1. Kualitas air pada lokasi penelitian

No.	Parameter	Satuan	Rata-rata hasil analisis					
			Disposal	Sump	SP 1	InPITDump	SP 2	Titik
1	pH	-	3.33	3.32	6.53	2.56	2.94	3.88
2	TSS	mg/l	107.67	52.33	25.6	128	83.3	27.4
3	Fe	mg/l	4.16	3.8	3.48	4.65	4.96	2.97
4	Mn	mg/l	10.13	7.11	4.39	10.51	8.90	5.44
5	COD	mg/l	52	42.4	45	53.3	52.3	45.67
6	BOD ₅	mg/l	41.6	33	30.6	43.67	45	34.86
7	SO ₄	mg/l	648	566	469	779	570	565

Tabel 1 merupakan hasil rata-rata tiga kali pengulangan pengambilan sampel air. Secara garis besar hasil dari analisis kualitas air dapat dijelaskan sebagai berikut, *settling pond 1* merupakan tempat pengolahan air yang aliran air nya berasal dari saluran air disposal dan *sump*, sedangkan *settling pond 2* adalah tempat pengolahan air yang aliran air nya berasal dari *Inpit Dump*, dan yang terakhir adalah

titik pantau yang dimasuki aliran dari *settling pond 1* dan 2. Pada *settling pond 1* nilai pH normal walaupun dipengaruhi oleh air asam dari disposal dan *sump*, hal ini disebabkan adanya *treatment* menggunakan tawas. Pada *settling pond 2* hasil analisis kualitas air sangat turun karena memang tidak ada *treatment* ditambah lagi masuknya air dari *temporary stockpile*.

Perubahan pH Air

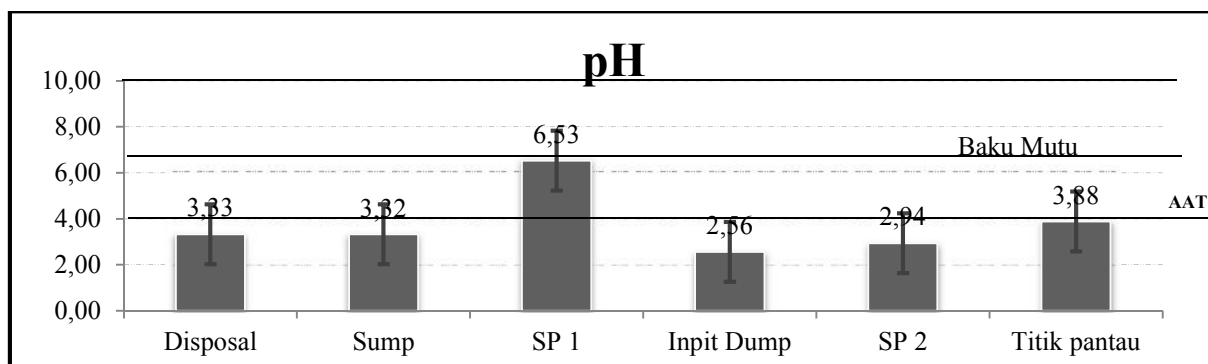
Derajat keasaman diduga sangat berpengaruh terhadap daya racun bahan pencemaran dan kelarutan beberapa gas, serta menentukan bentuk zat didalam air. Nilai pH air digunakan untuk mengekspresikan kondisi keasaman (kosentrasi ion hidrogen) air limbah. Skala pH berkisar antara 1-14. Kisaran nilai pH 1-7 termasuk kondisi asam, pH 7-14 termasuk kondisi basa, dan pH 7 adalah kondisi netral (Azwir, 2006). Dan berdasarkan baku mutu air limbah bagi usaha dan atau kegiatan pertambangan batubara nilai pH adalah 6-9. Diagram ukuran pH pada 6 (enam) lokasi pengambilan sampel pada daerah penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.

Gambar 1 menunjukkan bahwa dari 6 (enam) sampel yang dianalisis, 5 (lima) diantaranya memiliki nilai pH berada di bawah baku mutu bahkan di bawah garis Air Asam Tambang. Sample pada SP1 (*Settling Pond 1*) berada di zona baku mutu dikarenakan pengaruh *treatment* yang dilakukan yaitu pemberian tawas, namun dilihat dari batas bawahnya, maka nilai pH di *settling pond 2* ini dikarenakan suatu sebab berpotensi akan turun atau bersifat masam kembali. Berdasarkan standart deviasi nya, maka nilai pH disposal, *sump*, *inpit dump*, SP 2, dan titik pantau saling berkaitan.

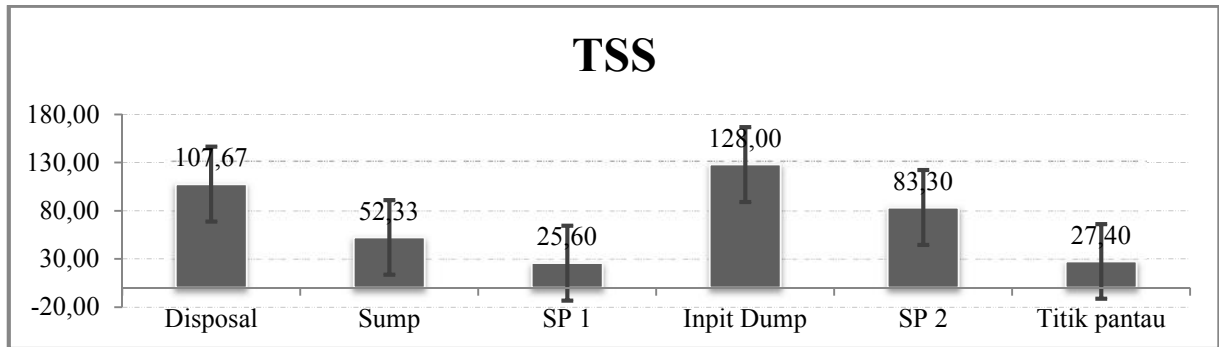
Perubahan TSS Air

TSS merupakan tempat berlangsungnya reaksi-reaksi kimia yang heterogen, dan berfungsi sebagai bahan pembentuk endapan yang paling awal dan dapat menghalangi kemampuan produksi zat organik di suatu perairan. TSS umumnya dihilangkan dengan flokulasi dan penyaringan. TSS memberikan kontribusi untuk kekeruhan dengan membatasi penetrasi cahaya untuk fotosintesis dan visibilitas di perairan. Oleh karena itu nilai kekeruhan tidak dapat dikonversi ke nilai TSS. TSS berhubungan erat dengan erosi tanah dan erosi dari saluran sungai. Berdasarkan baku mutu air limbah bagi usaha dan atau kegiatan pertambangan batubara nilai pH adalah 400 mg/L.

Gambar 2 menunjukkan bahwa nilai TSS berada di bawah baku mutu air limbah. Walaupun nilai TSS berada dibawah baku mutunya yaitu 400 (menurut Kepmen LH No. 113 tahun 2003), namun di beberapa titik lokasi pengambilan sampel nilai TSS terbilang tinggi dan harus dilakukan penanggulangan agar layak untuk dialirkan ke sungai. Berdasarkan standart deviasi maka TSS, *Sump*, dan SP 1 saling berkaitan, dan nilai yang berkaitan lainnya yaitu antara *Inpit Dump*, SP 2, dan Titik Pantau.



Gambar 1. Nilai pH di lokasi pengambilan sampel.



Gambar 2. Nilai TSS di lokasi pengambilan sampel.

Perubahan Kandungan Fe dan Mn Air

Hasil analisa kandungan Fe pada umumnya menunjukkan konsentrasi logam yang tinggi walaupun nilainya tidak melampaui syarat mutu, penanggulangan yang tidak maksimal mengakibatkan nilai logam dititik pantau pun masih tinggi, padahal air dititik pantau dialirkan ke sungai yang akan digunakan warga untuk kebutuhan hidup sehari-hari. Sedangkan hasil analisis kandungan Mn di semua lokasi pengambilan sampel sudah melampaui syarat mutu.

Besi terlarut dalam air dapat berbentuk kation ferro (Fe^{2+}) atau kation ferri (Fe^{3+}). Hal ini tergantung kondisi pH dan oksigen terlarut dalam air. Besi terlarut dapat berbentuk senyawa tersuspensi, sebagai butir koloidal seperti $Fe(OH)_3$, FeO , Fe_2O_3 dan lain-lain. Konsentrasi besi terlarut yang masih diperbolehkan dalam air bersih adalah sampai dengan 0,1 mg/l. Senyawa besi yang tergolong tinggi pada lokasi penelitian karena dipengaruhi nilai pH air rendah (bersifat asam) sehingga dapat melarutkan logam besi.

Senyawa besi dalam jumlah kecil di dalam tubuh manusia berfungsi sebagai pembentuk sel-sel darah merah, dimana tubuh memerlukan 7-35 mg/hari yang sebagian diperoleh dari air. Tetapi zat Fe yang melebihi dosis yang diperlukan oleh tubuh dapat menimbulkan masalah kesehatan. Dalam dosis besar zat Fe dapat merusak dinding usus, terjadinya iritasi pada mata dan kulit.

Menurut Ayu Herlina (2014) yang meneliti tentang pengaruh penambahan *fly*

ash, kapur tohor, dan tawas terhadap kandungan pH, Fe dan Mn menunjukkan bahwa Hasil analisis logam Fe dan Mn yang terkandung pada campuran kapur tohor ataupun tawas pada air asam menunjukkan bahwa walaupun dapat menaikkan pH, akan tetapi pencampuran kapur tohor ataupun tawas pada air asam tambang ini tidak terlalu berpengaruh signifikan terhadap penurunan kandungan logam Fe. Nilai mn semuanya melebihi nilai baku mutu, ini menunjukkan nilai mangan yang tinggi pada lokasi penelitian, namun dilihat dari nilai batas bawah pada SP 1 dan titik pantau nilai nya berpotensi turun atau membaik, hal ini karena adanya *treatment* pada SP 1 sehingga mn mengendap, apabila *treatment* dilakukan secara maksimal maka hasilnya berpotensi pada nilai mn berada di bawah baku mutu dan aliran air dari SP 1 yang sudah baik juga akan berpengaruh baik pada titik pantau. Sedangkan nilai fe disemua titik lokasi penelitian berada di bawah baku mutu, namun nilai fe terbilang tinggi dan harus di *treatment* secara khusus agar dapat dialirkan ke sungai.

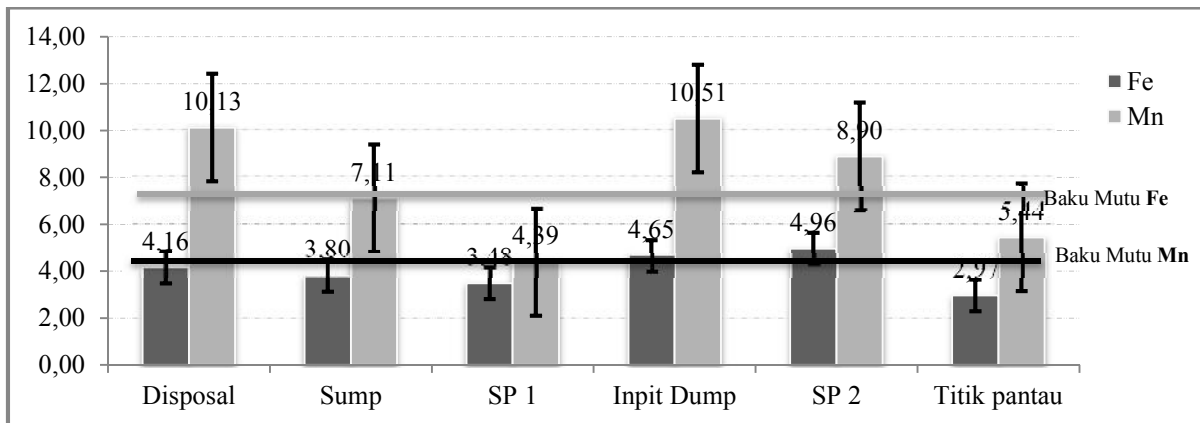
Perubahan COD dan BOD

Jika COD menggambarkan kebutuhan oksigen untuk aktifitas kimia dalam suatu perairan, sebagiannya adalah kebutuhan oksigen untuk proses biologis dilambangkan dengan BOD. Biologi Oksigen Demand (BOD) atau Kebutuhan Oksigen Biologis (KOB) adalah suatu analisa empiris yang mencoba mendekati secara global proses-proses

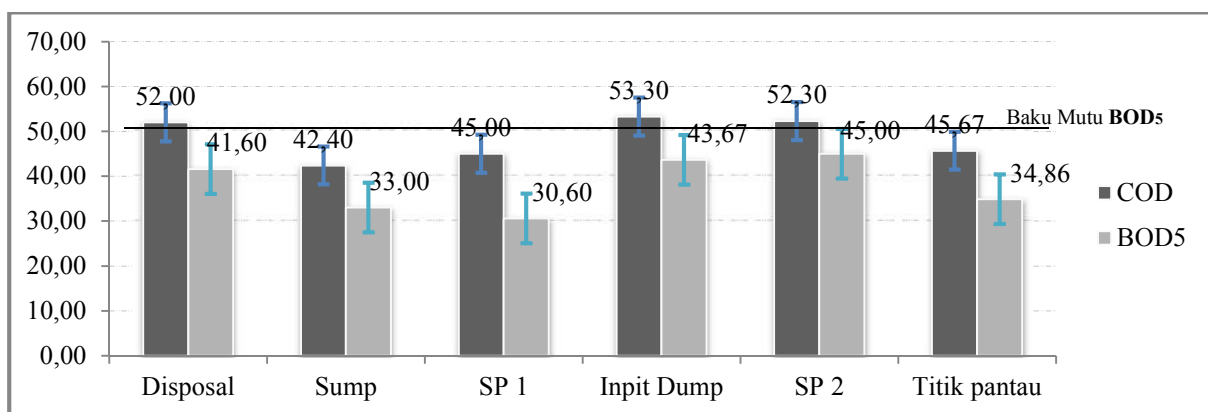
mikrobiologis yang benar-benar terjadi dalam air. Angka BOD adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh bakteri untuk menguraikan (mengoksidasikan) hampir semua zat organik yang terlarut dan sebagian unsur bahan organik yang tersuspensi dalam air. Sama dengan nilai COD, nilai BOD yang relatif tinggi ini menunjukkan tingginya kebutuhan oksigen suatu perairan yang mengindikasikan perairan sudah mulai tercemar.

Gambar 4 menunjukkan bahwa nilai COD dan BOD masih berada di bawah garis baku mutu, menurut Kepmen LH No. 113 tahun 2003 baku mutu air untuk parameter COD: 100 dan BOD: 50, namun masih belum layak untuk kategori air

bersih. Berdasarkan standart deviasi, apabila ditarik garis yang menghubungkan batas atas dan batas bawah maka disposal, *inpit dump*, dan *settling pond 2* masih berkaitan, dan nilai yang berkaitan lainnya yaitu *sump*, *settling pond 1* dan titik pantau. Sedangkan untuk parameter BOD disposal, *sump*, *settling pond 1* dan titik pantau saling berkaitan. Berdasarkan batas atas di *Inpit Dump* dan SP 2 berpotensi nilainya naik dan menyentuh batas baku mutu, potensi ini mungkin terjadi apabila ada hujan karena air hujan akan bereaksi dengan tanah potensi asam pada *inpit dump* dan masuk ke SP 2 tanpa ada *treatment*. Hal ini harus dihindari karena air dari SP 2 akan langsung mengalir ke sungai.



Gambar 3. Nilai Fe dan Mn di lokasi pengambilan sampel.



Gambar 4. Diagram nilai COD Dan BOD di lokasi pengambilan sampel.

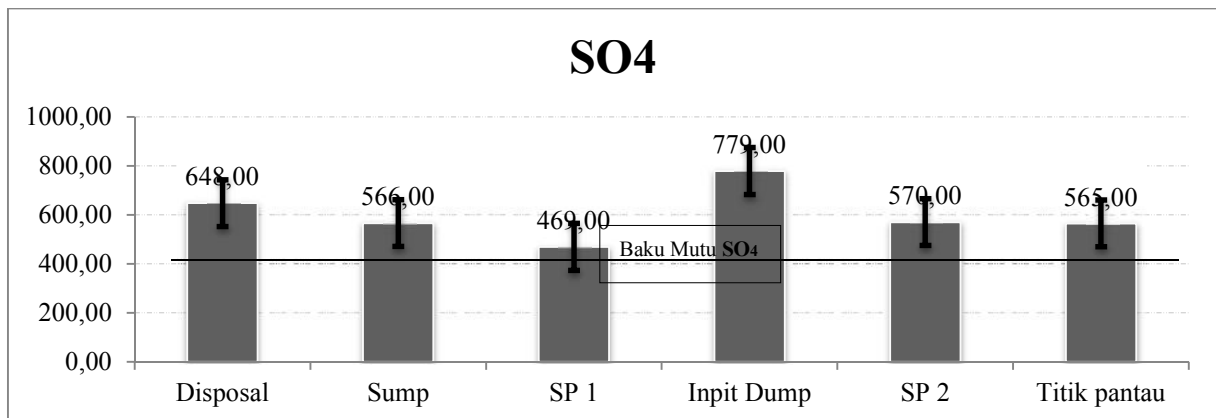
Perubahan Kandungan Sulfat Air

Hasil analisa kandungan sulfat pada Gambar 5. menunjukkan nilai yang tinggi bahkan melebihi baku mutu, hal ini mengindikasikan sumber air asam tambang

berasal dari kandungan sulfat yang tinggi pula pada tanah atau batuan didaerah penelitian. Berdasarkan standart deviasi maka disposal, *sump*, *settling pond 1*, *settling pond 2*, dan titik pantau saling berkaitan. Berdasarkan batas bawah nilai

SO₄ di SP 1 berpotensi nilai nya turun dan berada di bawah garis baku mutu, hal ini

mungkin terjadi apabila dilakukan *treatment* dengan baik.



Gambar 5. Diagram nilai SO₄ di lokasi pengambilan sampel.

Sumber-Sumber Air Asam Tambang di Lokasi Penelitian

Air asam tambang dapat terjadi pada kegiatan penambangan baik itu tambang terbuka maupun tambang bawah tanah. Umumnya keadaan ini terjadi karena unsur sulfur yang terdapat di dalam batuan teroksidasi secara alamiah didukung juga dengan curah hujan yang tinggi semakin mempercepat perubahan oksida sulfur menjadi asam. Sumber-sumber airasam tambang pada perusahaan yang diteliti antara lain berasal dari kegiatan-kegiatan berikut :

1. Air dari tambang terbuka, Lapisan batuan akan terbuka sebagai akibat dari terkupasnya lapisan penutup, sehingga unsur sulfur yang terdapat dalam batuan sulfida akan mudah teroksidasi dan bila bereaksi air dan oksigen akan membentuk air asam tambang. Pirit (FeS₂) merupakan mineral yang memberikan kontribusi besar terhadap kandungan sulfur dalam batubara, atau lebih dikenal dengan sulfur piritik (Mackowsky, 1943 dalam Organic petrology, 1998)
2. Air dari lokasi penimbunan batuan. Timbunan batuan yang berasal dari batuan sulfida dapat menghasilkan air asam tambang karena adanya kontak langsung dengan udara yang selanjutnya terjadipelarutan akibat

adanya air. Potensi air asam tambang pada timbunan lebih besar karena batuan yang mengandung unsur sulfida terbuka.

3. Air yang mengalir dari *temporary stockpile* yang langsung masuk ke *settling pond*. Pada *temporary stockpile* ini tidak dibuat saluran air sehingga aliran air hujan dari *stockpile* tidak dapat dikontrol, karena elevasi nya berada lebih tinggi jadi sebagian besar masuk ke *settling pond* yang berada di bawahnya. Namun dalam hal ini *settling pond* tidak di pergunakan sebagaimana mestinya yaitu untuk wadah penetralan oleh karena itu pada *settling pond 2* air nya bersifat asam.

Penanggulangan Air Asam Tambang

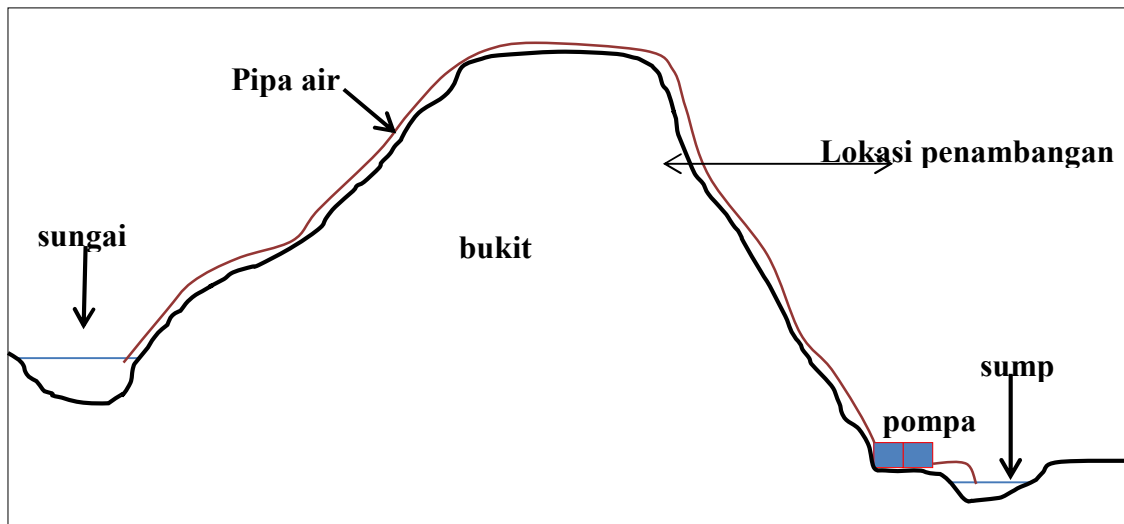
Air asam tambang merupakan air lindian, rembesan yang ber pH rendah yang keluar dari batuan yang mengandung mineral sulfida yang teroksidasi reaksi oksidasi ini selain dapat menurunkan ph air, juga meningkatkan kadar sulfat yang selanjutnya mampu meluruhkan dan membawa logam berat yang terkandung dalam batuan yang dilalui oleh air asam ini. Air asam yang keluar ke badan sungai mengakibatkan pengasaman aliran sungai serta mobilisasi dan pengendapan logam berat yang mungkin beracun bagi biota akuatik. Juga bisa mengakibatkan terkorosinya logam dan konstruksi beton.

Mengingat pentingnya upaya pencegahan dan penanggulangan air asam tambang, perlu disusun strategi pengendalian air asam tambang di areal tambang daerah penelitian. Hal ini penting untuk dilaksanakan untuk menghindari resiko akibat terjadinya air asam tambang yang apat menyebabkan kerusakan lingkungan di sekitar areal penambangan, baik saat operasi maupun setelah aktivitas penambangan selesai.

Rekomendasi penanggulangan air asam tambang di daerah penelitian dapat dilakukan dengan :

1. Mengefektifkan kembali fungsi sumuran (*sump*)

Air yang telah masuk atau berada di tempat penggalian (lokasi penambangan) dikeluarkan dengan cara membuat sumuran (*sump*) kemudian dipompa keluar area tambang. Membuat *sump* sebenarnya sudah dilakukan oleh pihak perusahaan daerah penelitan, akan tetapi kemampuan pompa tidak disesuaikan dengan jumlah air yang masuk, hal ini mengakibatkan air terlalu lama menggenang.



Gambar 6. Sumuran dan pemompaan

Cara ini dilakukan terutama untuk penanganan air hujan dan air tanah. sumuran berfungsi sebagai penampung air sebelum dipompa keluar tambang.

2. Mengendalikan perpindahan air asam yang telah terbentuk

Hal ini dapat dilakukan dengan:

- a. Pembuatan saluran penirisan di sepanjang daerah sumber air asam.
- b. Pemasangan sistem pipa penirisan di bawah timbunan penghasil air asam untuk selanjutnya dialirkan ke dalam kolam pengendapan.

3. Menampung dan menetralkan air asam yang telah terbentuk

Air asam yang sudah terbentuk harus dilakukan penetralan sebelum dilepaskan ke sungai. Penetralan dapat

menggunakan senyawa alkali yang bersifat bukan hanya menaikkan nilai pH tetapi juga mampu mengendapkan logam didalam air asam, contohnya *limestone* (*calcium carbonate*). Air asam yang terjadi ditampung pada kolam pengendapan yang berfungsi sebagai sarana pemantauan kualitas air sekaligus tempat penetralan air asam sebelum dilepaskan ke alam.

4. Pembentukan lapisan penutup timbunan (*dry cover*)

Mineral sulfida pada endapan sedimen terbentuk terutama pada lingkungan pembentukan batubara. Sulfida yang terbentuk tidak mempunyai potensi ekonomi, akan tetapi potensial sebagai pembentuk air asam tambang. Pada endapan batubara selain sulfur yang

berasal dari mineral sulfida, terdapat juga sulfur dari sulfat dan sulfur organik.

Hasil analisa terhadap contoh batuanlapisan menunjukkan bahwa lapisanbatuan tersebut merupakan batuan pembentuk asam, terutama batuan yang yang kontak langsung dengan lapisan batubara yaitu yang berada di atas dan dibawah lapisan batubara, serta batuan yang menjadi pengotor *parting* dilapisan batubara. yang sehingga apabila lapisan ini nantinya dibuang harus ditempatkan dengan perlakuan yang khusus untuk mencegah terjadinya air asam tambang. Proses pengelolaan air asam tambang yang dilakukan harus menerapkan prinsip simultan dan berkelanjutan mulai dari tahap eksplorasi, tahap penambangan hingga tahap rehabilitasi. Salah satu kegiatan penting yang dilakukan adalah pembentukan lapisan penutup untuk meminimalkan masuknya oksigen dan air ke dalam timbunan batuan sehingga mengurangi pembentukan air asam tambang (*dry cover*).

KESIMPULAN

1. Faktor penyebab terbentuknya air asam tambang pada salah satu perusahaan Ijin Usaha Pertambangan Batubara di Desa Lemo, Kabupaten Barito Utara adalah sebagai berikut :
 - a. Air dari tambang terbuka, lapisan batuan yang terbuka sebagai akibat dari terkupasnya lapisan penutup, sehingga unsur sulfur yang terdapat dalam batuan sulfida akan mudah teroksidasi dan bila bereaksi air dan oksigen akan membentuk air asam tambang
 - b. Air dari lokasi penimbunan batuan timbunan batuan yang berasal dari batuan sulfida dapat menghasilkan air asam tambang karena adanya kontak langsung dengan udara yang

selanjutnya terjadi pelarutan akibat adanya air.

- c. Air yang mengalir dari *temporary stockpile* yang langsung masuk ke *settling pond*.
2. Metode penanggulangan air asam tambang pada perusahaan tersebut tidak efektif karena tidak dilakukan dengan pengelolaan yang baik sehingga hasilnya tidak maksimal. Ini dibuktikan dengan hasil analisis air di *Settling Pond* dan titik pantau tidak layak untuk dilepaskan ke sungai.
 3. Rekomendasi cara penanggulangan air asam tambang yang sudah terbentuk pada perusahaan tersebut adalah sebagai berikut :
 - a. Mengefektifkan kembali fungsi sumuran (*sump*)
 - b. Mengendalikan perpindahan air asam yang telah terbentuk. Hal ini dapat dilakukan dengan: Pembuatan saluran penirisan di sepanjang daerah sumber air asam; Pemasangan sistem pipa penirisan di bawah timbunanpenghasil air asam untuk selanjutnya dialirkan ke dalam kolampengendapan.
 - c. Menampung dan menetralkan air asam yang telah terbentuk.
 - d. Pembentukan lapisan penutup timbunan (*dry cover*).

DAFTAR PUSTAKA

- Abadi, P. S., Suryantoko, Siregar, L. (1996). Penanganan Air Asam Tambang Di Daerah Penambangan Kali Kuning Pulau Wetar, PT. Prima Lirang Mining. *Prosiding Seminar Air Asam Tambang di Indonesia*. Bandung, Indonesia.
- Abdullah, Andri. (2007). Analisis Parameter Uji Geokimia Untuk Memprediksi Potensi Pembentukan Air Asam Tambang di Tambang Batubara. *Prosiding Seminar Air Asam*

- Tambang ke-3*. Bandung, Indonesia.
- Kumpulan Makalah Seminar Air Asam Tambang Di Indonesia. (1996). Kerjasama Departemen Pertambangan Dengan Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Guide of Mine Water Management*. (2013). PT. Kaltim Prima Coal.
- Laporan Triwulan*. (2013). PT. Berkat Bumi Persada. Muara Teweh-Kalimantan Tengah.
- Rencana Kerja Anggaran Biaya*. (2013). PT. Berkat Bumi Persada. Muara Teweh- Kalimantan Tengah.
- Australian Government. (2007). *Managing Acid and Metalliferous Drainage*. Leading Practice Sustainable Development Program for the Mining Industry.
- Bouzahzah, H., Benzaazoua, M., (2014). Prediction Of Acid Mine rainage ; Importance of Mineralogy and the test Protocols for Static and Kinetic Tests, Mine Water and The Environment. *Journal of the International Mine Water Association (IMWA)*. 33 (1).
- Djakamihardja, A. S. (2008). Karakterisasi dan Pengendalian Air Asam Tambang di PT. Berau Coal, Kalimantan Timur. *Prosiding Seminar Air Asam Tambang di Indonesia ke-3*. Bandung, Indonesia.
- Ekarini, P., (2012). *Prediksi Pembentukan Air Asam Tambang Pada Tambang Bijih Cu-Au Melalui Uji Kinetik Dengan Metode Free Draining Column Leach Test Dan Humidity Cell Test*. [Tesis]. Magister Rekayasa Pertambangan Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Endriantho, Muhammad. (2013). *Perencanaan Sistem Penyaliran Tambang Terbuka Batubara*. Makasar: Universitas Hasanudin.
- Fajarwati, A., (2010). *Kajian Uji Kinetika Menggunakan Free Draining Column Leach Test Dan Humidity Cell Test Untuk Memprediksi Potensi Air Asam Tambang Batubara*. Magister Rekayasa Pertambangan Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Gautama, R. S. (2012). *Pengelolaan Air Asam Tambang*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Gautama, R. S. (2007). *Pengolahan Air Tambang : Aspek Penting dalam Penambangan yang Berwawasan Lingkungan*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Gautama, R. S. (2014). *Pembentukan, Pengendalian dan Pengelolaan Air Asam Tambang*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Gunawan, F., Gautama, R. S., Abfertiawan, M. S., Kusuma, G. J., (2015). Penelitian dan Pengembangan Sistem Pengelolaan Air Asam Tambang di Lati Mine Operation. *Seminar Air Asam Tambang ke-5 dan Pascatambang di Indonesia*. Bandung.
- Munawar, Ali. (2006). *Pengendalian Pasif Air Asam Tambang Kolam Basah Buatan*. Bengkulu: Universitas Bengkulu.
- Rafiah Untung, Siti. (2007). *Prosedur Prediksi Pembentukan Air Asam Tambang*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral dan Batubara. Bandung.
- Riwandi. Munawar, Ali. (2007). Uji Laboratorium Sifat-Sifat Limbah Organik Dan Mekanisme Remediasi Air Asam Tambang. *Laporan Hasil Penelitian Fundamental*. Universitas Bengkulu, Bengkulu.
- Seif James M. (2001). *The Science Of Acid Mine Drainage and Passive Treatment*. Pennsylvania Departemental Of Environmental Protection. Pennsylvania USA.

- Sukandarrumidi. (2006). *Batubara dan Pemanfaatannya*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Skousen, Jeff. (1998). *Overview of Passive Systems for Treating Acid Mine Drainage*. West Virginia University. Amerika Serikat.
- Acid Drainage Technology Initiative. *Acid Mine Drainage*. Diambil dari <http://www.aciddrainage.com>. [9 Januari 2014]
- Australian Government. (2007). *Managing Acid and Metalliferous Drainage*. Leading Practice Sustainable Development Program for the Mining Industry.
- Direktorat Jenderal Mineral dan Batubara. (2013). *Kumpulan Pedoman Teknis Lingkungan Pertambangan*. Kementerian Energi dan Sumberdaya Mineral.
- GARD Guide. (2012). *The Acid Rock Drainage Process*. Diambil dari <http://www.gardguide.com/index.php/> [9 Januari 2014]
- Iskandar, Sujatmiko, R. S. Gautama. (2011). Acid Mine Drainage Management in Indonesian Mines. *Proceeding of the 7th*.
- Siahaan, Jefri Hansen, (2013). *Tambang Terbuka*. Arsip Teknik Pertambangan BUMI anthar GHATHAS shusta BHAVANIAS. Jakarta.
- Herlina, Ayu, dkk. (2014). *Pengaruh Fly Ash Dan Kapur Tohor Pada Netralisasi Air Asam Tambang Terhadap Kualitas Air Asam Tambang (Ph, Fe & Mn) di IUP Tambang Air Laya PT. Bukit Asam (Persero) Tbk*. Jurusan Teknik Pertambangan Universitas Sriwijaya. Palembang